

АНАЛІЗ СХЕМ ФОРМУВАННЯ/МУЛЬТИПЛЕКСУВАННЯ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ В ТЕХНОЛОГІЯХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ 5G

Мохаммед А. Кашмула, Наорс І Анад Алсалім, Селіванов К.О.,
Лошаков В.А., Москалец М.В.

Університет Хамданія, Нінава, Ірак
Кафедра комп'ютерних наук
Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії
ім. В.В. Поповського», ХНУРЕ, Україна
E-mail: mohmadkashmola2@gmail.com
nawrasyounis@yahoo.com
sunright@yandex.ua
valerii.loshakov@nure.ua
mykola.moskalets@nure.ua

Abstract

In this study, it is proposed to use a combined method of access to the resources of a 4-5G wireless network using various models of channel resource reservation, a random access method, using polling algorithms, double exponential backoff (Binary Exponential Backoff), SIC (Successive Interference cancellation) tree algorithms under varying load conditions, which generally optimizes the SDMA mode of operation to maximize performance and minimize average latency.

1. Класифікація схем мультиплексування множинного доступу

У порівнянні з традиційними системами мобільного зв'язку, потужність радіозв'язку в системі на основі SDMA (Spatial Division Multiple Access) може бути збільшена шляхом використання антенних решіток на стороні базової станції (BS-base station) і подальшого формування адаптивних спрямованих променів як в напрямках висхідної лінії зв'язку, так і в низхідній лінії [1]. Ця схема дає можливість обслуговувати декількох користувачів одночасно в одному і тому ж каналі шляхом суперпозиції променів і тим самим дозволяє підвищити ємність системи. Важливість SDMA в безпроводовій мережі не тільки завдяки своїм можливостям множинного доступу, але й підвищує спектральну ефективність шляхом включення повторного використання частоти в межах певної комірки .

Технологія SDMA може бути об'єднана з технологією OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) для того, щоб підвищити спектральну ефективність майбутніх безпроводових систем, в результаті чого утворюється спільна система SDMA-OFDMA. Розподіл ресурсів часу, частоти та простору різними терміналами користувача в спільній системі SDMA-OFDMA є надзвичайно складною проблемою розподілу ресурсів [2]. Однак у системі SDMA попередня обробка сигналів користувачів, приймаючи знання каналу на BS, може дозволити одночасну передачу декількох потоків даних багатьом користувачам при мінімізації перешкод. Крім того, система MIMO-OFDMA на основі SDMA може підтримувати декількох користувачів як в частотній області, так і в просторовій області, таким чином забезпечуючи більш точну деталізацію розподілу ресурсів, ніж чисті FDMA або чисті системи на основі SDMA. Крім того, збільшення потужності, яке може бути досягнуте завдяки багатокористувацькому рознесенню, може бути більш значним у системах на основі SDMA.

Разом з тим, на практиці методики SDMA повинні мати справу з наступними двома основними проблемами:

1) У сценаріях, коли два або більше користувачів наближаються один до одного або просторові сегменти користувачів стають майже ідентичними через основне середовище розсіювання (недостатнє розсіювання), матриці каналів цих користувачів можуть корелювати. Крім того, кореляція каналу може також виникати внаслідок взаємного зв'язку між передавальними та / або приймальними елементами антени. У цих корельованих сценаріях кореляція каналу може стати джерелом відмови або відключення зв'язку при використанні методів багатокористувацького виявлення.

2) Оскільки мобільні користувачі, як правило, розташовані на різних відстанях від BS, близька проблема може виникнути в системі, що базується на висхідній лінії зв'язку SDMA. Це, у свою чергу, призводить до того, що матриця каналу, що спостерігається BS, сильно незбалансована. Така незбалансована матриця каналу може призвести до погіршення загальної ємності системи внаслідок високого поширення власних значень або числа умов.

Що стосується вищезазначених проблем, то двома основними обмеженнями, які обмежують продуктивність безпроводових систем на основі SDMA, є :

1) Користувачі, що використовують один і той самий радіочастотний канал, повинні бути розташовані в різних кутових місцях.

2) Різниця в рівнях їх прийнятої потужності не повинна бути дуже великою.

Що стосується першого обмеження, кутове розділення між користувачами каналу зв'язку повинно перевищувати кутову роздільну здатність використовуваної спрямованої антени для призначення ортогональних пучків SDMA.

Враховуючи перше обмеження, у роботі [1] проаналізована здатність адаптивної системи SDMA для заданого кутового розподілу щільності користувачів, яка може бути отримана або з вимірів, або з сценаріїв, що стосуються мобільності користувача.

Було зроблено висновок, що ємність безпроводової системи може бути підвищена шляхом створення декількох незалежних променів на канал трафіку за допомогою адаптивної антенної решітки на БС. Крім того розгляд очікуваної щільності користувачів і відповідний вибір BS є надзвичайно важливими при плануванні стільникової мережі на основі SDMA з метою підвищення її загальної ефективності спектру. З іншого боку, наслідки другого обмеження відносяться до проблеми, що зустрічається в системах CDMA. У системах CDMA ця мета зазвичай досягається за допомогою механізму керування потужністю, оскільки групування користувачів може ще більше погіршити продуктивність системи. З іншого боку, в спільній системі TDMA-SDMA індивідуальні TDMA канали можуть бути призначені для різних класів потужності і тому додаткові механізми управління потужністю не потрібні. Клас потужності може бути статичним або динамічним, і користувачі, що належать до одного класу, можуть спільно використовувати один і той же набір каналів. На шляху до ефективного використання техніки SDMA в майбутніх системах безпроводових мережах досліджуються кілька методів у роботах [3]. Основні технології, що дозволяють використовувати майбутні безпроводові мережі на основі SDMA, а також відповідні посилення на них наведені в Таблиці 1. Нижче розглядаються існуючі роботи в області безпроводових систем на основі SDMA, що враховують декілька аспектів, як методи передачі та прийому, розподіл ресурсів і планування, а також проблеми дослідження.

2. Комбінований метод формування/мультиплексування множинного доступу з використанням різних моделей резервування каналних ресурсів

Для того, щоб повністю реалізувати потенціал нових технологій безпроводової зв'язку, таких як масові комунікації MIMO і mm-wave, існуючих методів множинного доступу може бути недостатньо, і нам необхідно дослідити нові схеми множинного доступу для майбутніх безпроводових мереж зв'язку. У цьому контексті досліджуються кілька методів мультиплексування / множинного доступу, розглянуті в попередньому розділі. Оскільки промені стають дуже вузькими в мм хвильовому діапазоні і достатній інтервал антен стає проблемою в масивних системах MIMO, де існує висока ймовірність втрати ортогональності між двох соканальних користувачів, розділених в просторовій області. У зв'язку з цим, загальноприйнята концепція техніки SDMA повинна бути

адаптована в майбутніх масивних системах МІМО, які, можливо, будуть реалізовані в частотному діапазоні mm-wave.

Таблиця 1 – Основні можливості та недоліки декількох існуючих і нових схем доступу / мультиплексування

Методи	Основні риси	Недоліки
1	2	3
Частотний розподіл множинного доступу (FDMA – Frequency Division Multiple Access)	1) Всі користувачі можуть передавати паралельно. 2) Немає необхідності синхронізації часу.	1) Кожна станція отримує лише частку від загальної пропускної здатності 2) Необхідність налаштованих передавачів і приймачів.
Часовий розподіл множинного доступу (TDMA – Time Division Multiple Access)	1) Кожен користувач може використовувати загальну пропускну здатність. 2) Відсутність необхідності налаштованих приймачів.	1) Необхідність синхронізації часу. 2) Передача за частку загального часу.
Кодовий роздільний доступ (CDMA – Code Division Multiple Access)	1) Кожен користувач може передавати по загальній пропускній здатності весь час. 2) Більше користувачів на МГц смуги пропускання.	1) Вища складність приймача. 2) Близький ефект.
Мультиплексування з ортогональним частотним розділом (OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access)	1) Внутрішня ортогональність. 2) Простота схеми приймача.	1) Чутливий до зсуву частоти 2) Низька продуктивність у сценаріях з високим ступенем асинхронного доступу
Просторовий розподіл множинного доступу (SDMA – Space Division Multiple Access)	1) Більш висока спектральна ефективність і можливості множинного доступу 2) Корисно в комбінації з TDMA, FDMA, CDMA або OFDMA.	1) Близький ефект. 2) Низька синхронізація. 3) Втрата ортогональності при наявності практичних недоліків.
Мультиплексування кутових імпульсів (OAMM – Orbital Angular Momentum Multiplexing ()	1) Ортогональність променів визначається іншим номером стану OAM. 2) Підходить для зв'язку з mm-wave. 3) Вища системна ємність.	1) Вимагає значних архітектурних змін для реалізації. 2) Інтермодальні перехресні перешкоди.
Роздільний доступ з розділенням поляризації (PDMA – Polarization Division Multiple Access)	1) Два незалежних потоку даних, що передаються з ортогональними поляризаціями. 2) Можна поєднати з будь-якою існуючою множиною схемою доступу.	1) Ефект деполіризації в каналі вицвітання. 2) Необхідність додаткової схеми приймача для виявлення поляризаційної фільтрації.
Переплетений роздільний доступ (IDMA – Interweave Division Multiple Access)	1) Процес chip- interleaving використовується для поділу користувачів 2) Реверсивний пристрій чергування і поширення в порівнянні з CDMA. 3) Збільшена різноманітність проти затухання. 4) Низька вартість приймача. 5) Підходить для низькошвидкісних передач.	1) Вища складність приймача для широкосмугових систем. 2) Необхідна ітеративна обробка. 3) Вся матриця перемежувача повинна бути передана в приймач. 4) Необхідність оптимізації пам'яті на стороні передавача і приймача.
Універсальний фільтрований багатоканальний оператор (UFMC – Universal Filtered Multi-Carrier)	1) Поперечна фільтрація забезпечує додаткову гнучкість. 2) Коротші довжини фільтрів і зменшені перешкоди на стороні. 3) Дуже підходить для трансмісії CoMP і інтернет промо та фрагментованого спектру,	1). Необхідність складної схеми приймача. 2) Незначні переваги над OFDM для передачі з низькою швидкістю.

	ніж OFDM.	
Роздільний доступ до декількох кодів (SCMA – Sparse Code Multiple Access)	1) Не ортогональний код домену множинного доступу. 2) Відкритий цикл мультиплексування і відсутність необхідності зворотного зв'язку каналу. 3) Більш стійкий при наявності різного часу каналу і проблема зворотного зв'язку CSI.	1) Вимагає нелінійний приймач. 2) Складний дизайн кодової книги, оскільки множинні шари мультиплекуються з різними кодовими книгами.

В даному дослідженні пропонується використовувати комбінований метод доступу до ресурсів безпроводової мережі 4-5G з використанням різних моделей резервування каналних ресурсів, випадкового методу доступу, з використанням алгоритмів поллінгу, подвійної еспоненційної відстрочки BEB (Binary Exponential Backoff), деревовидних алгоритмів SIC (Successful Interference cancellation) в умовах різного навантаження, що в цілому дозволяє оптимізувати режим функціонування схеми SDMA для отримання максимальної продуктивності і мінімізації середньої затримки.

Використовуючи додатковий алгоритм доступу над звичайною системою SDMA, ми можемо значно збільшити кількість користувачів, які можуть підтримуватися заданим набором частотних ресурсів в певному кластері / промені. Це додатково вирішить проблему втрати ортогональності, яка може виникати у багатьох існуючих підходах, заснованих на SDMA, внаслідок різноманітного часу безпроводового каналу.

У майбутніх безпроводових технологіях мобільного доступу передбачаються наступні переваги з використанням запропонованої схеми множинного доступу:

- краща гнучкість для інженерів-розробників безпроводового зв'язку;
- легше здійснити з практичної точки зору;
- оптимізований розподіл наявних ресурсів.

Проте, з практичної точки зору, слід досконально дослідити наступні фактори при реалізації запропонованої комбінованої концепції множинного доступу:

- наявність необхідного обладнання цифрової обробки сигналів;
- енергоефективність системи та складність її реалізації;
- гнучкість розміщення користувачів / послуг у системі, у більшості поточних безпроводових системах, де потрібно налаштувати параметри системи відповідно до вимог;
- ортогональність коду для кращої продуктивності системи за рахунок обмеження в кількості користувачів/послуг, які можуть підтримуватися.

Література

1. Naors Y. Anad Alsaleem, Kashmoola M.A., Moskalets M. Analysis of the efficiency of spacetime access in the mobile communication systems based on an antenna array // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 6, Issue 9 (96). – P. 38–47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150921>. (Scopus)
2. Ahmed M.K., Aziz S.F., Alsaleem N.Y. A., Sielivanov K., Moskalets M. Method for determining the responses from a non-linear system using the volterra series // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 4/9 (106) 2020. P. 34-44.
3. Wan Lei, Anthony C. K. Soong, Liu Jianghua, Wu Yong, Brian Classon, Weimin Xiao, David Mazzarese, Zhao Yang, Tony Saboorian. 5G System Design. An End to End Perspective. Springer.2020.P.668.